

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 64-076788
 (43)Date of publication of application : 22.03.1989

(51)Int.CI. H01S 3/08
 G02B 5/08
 G02B 5/28

(21)Application number : 62-233437
 (22)Date of filing : 17.09.1987

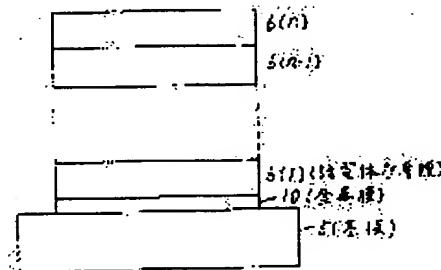
(71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP
 (72)Inventor : NAKANO NOBORU
 SASAKI HIROAKI
 KUBOTA NAOKI
 MIYAZAKI YOSHIHISA
 MITOMO SUSUMU

(54) HIGH-OUTPUT MULTIWAVELENGTH LASER REFLECTING MIRROR

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a laser reflecting mirror capable of reflecting with high reflectance both weak guiding laser having a wavelength λ in the visible region and high-output laser having a wavelength different from λ by 0.1 μ m or above, by providing a metallic layer on a substrate, and providing, on the metallic layer, a dielectric multilayer film consisting of thirteen or more dielectric films deposited one on another.

CONSTITUTION: A substrate 5 is provided by an optical glass optically polished to $\lambda/10$ ($\lambda=0.6328\mu\text{m}$), and silver is deposited on the substrate 5 to form a metallic film 10. In order to reflect a YAG laser with high reflectance, fifteen SiO₂ films and fourteen TiO₂ films are deposited alternately one on another to provide a dielectric multilayer film 6. Finally, in order to reflect excimer laser with high reflectance, fifteen Al₂O₃ films and fourteen mgF₂ films are deposited alternately one on another to provide the dielectric multilayer film 6. A laser reflecting mirror thus constructed can achieve reflectance as high as 99.99% or more for excimer and YAG lasers and 98.4% or more for He-Ne lasers.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭64-76788

⑬ Int. Cl.

H 01 S 3/08
G 02 B 5/08
5/28

識別記号

厅内整理番号

7630-5F
A-8708-2H
7348-2H

⑭ 公開 昭和64年(1989)3月22日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 高出力多波長レーザ反射鏡

⑯ 特願 昭62-233437

⑯ 出願 昭62(1987)9月17日

⑰ 発明者 中野 昇

千葉県千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

⑰ 発明者 佐々木 弘明

千葉県千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

⑰ 発明者 久保田 尚樹

千葉県千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

⑰ 発明者 宮崎 善久

千葉県千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

⑰ 出願人 川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

⑰ 代理人 弁理士 高矢 諭

外1名

最終頁に続く

明細書

1. 発明の名称

高出力多波長レーザ反射鏡

2. 特許請求の範囲

(1) 基板上に金属膜層が設けられていると共に、該金属膜層上に、誘電体膜が複数枚積層されて形成された誘電体多層膜が少なくとも1組設けられており、

前記誘電体多層膜の層数が少なくとも13層積層されていることを特徴とする高出力多波長レーザ反射鏡。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は、高出力多波長レーザ反射鏡に係り、特に、YAGレーザ、エキシマレーザ、あるいはCO₂レーザ等の高出力レーザを、ガイド用微弱レーザでガイドしながら反射する際に用いるのに適な、高出力多波長レーザ反射鏡に関する。

【従来の技術】

YAGレーザ(1.06μm)、エキシマレー

ザ(1.93~3.08μm)、CO₂レーザ(10.6μm)等の高出力レーザをレーザ加工やレーザ医療に使用する機会は、今日多く見られる。これらの高出力レーザは、赤外域や紫外域の可視域外にある光のため、可視域にあるガイド用微弱レーザを用いてガイドする必要がある。例えば第4図に示されるように、この高出力レーザ2を反射して被対象物4に入射するため用いられた従来の反射鏡1においては、通常、可視域ガイド用レーザ3が該反射鏡1を通過してしまうことから前記高出力レーザ2のガイドは難しかつた。

通常、レーザ反射鏡には、多層膜反射鏡が用いられており、この多層膜反射鏡には2種類のものがある。そのうちの1つは、レーザハンドブック(North-Holland, 1972)に記載されているように、基板上に屈折率の高い誘電体と低い誘電体を交互に20層近く成膜し、中心波長λに對し、波長幅△λ = 0.1 × λとして次式(1)で示す波長域内で98%以上の高反射率を得るものである。

$$\lambda_0 - \Delta \lambda \leq \lambda \leq \lambda_0 + \Delta \lambda \dots \dots (1)$$

以下の記述においては、このレーザ反射鏡を第1のミラーと称する。

又、他の反射鏡は、特開昭61-185986等に見られるように、基板上に銀膜を成膜し、その上に更に SiO_2 膜と TiO_2 膜を交互に9層成膜し、He-Ne レーザ ($\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$) の単一波長を効果的に反射するものである。以下の記述においては、このレーザ反射鏡を第2のミラーと称する。

まず、第1のミラーについて説明する。このミラーにおいては、第5図に示されるように、基板5の上部に2層の多層膜6が成膜されており、その多層膜6の奇数番目の物質として屈折率の低い(n_L)誘電体、偶数番目の物質として屈折率の高い(n_H)誘電体を選び、膜厚 d_L 、 d_H を $n_H \cdot d_H + n_L \cdot d_L = \lambda_0 / 4$ とする。例えば、基板の屈折率 $n_S = 1.52$ 、多層膜の各屈折率 $n_H = 2.35$ 、 $n_L = 1.35$ とし、20層積層したミラーに波長 λ_0 の光が入射した場合

- 3 -

7を蒸着することにより、従来(上記第1のミラーも含めて)より少ない6~9という層数で中心波長 $\lambda_0 = 0.6328 \mu\text{m}$ のレーザに対し、高い反射率が得られ、その結果、He-Ne レーザ出力の増大を得ている。しかしながら、このミラーの誘電体薄膜部の反射面は、中心波長 $\lambda_0 = 0.6328 \mu\text{m}$ のレーザを対象としているため、上記第1のミラーと同様な理由により、波長差が $\Delta \lambda = 0.1 \lambda$ 以上ある波長の高出力レーザを反射させることはできず、該高出力レーザの大部分は銀膜に到達する。この銀膜に到達したレーザは高出力レーザのため、該銀膜上でそのエネルギーが少しあり吸収され、この時、銀膜は損傷を受けてしまう。又、このミラーは垂直に入射したレーザ光をそのまま反射させることのみを目的としており、被対象物にレーザ光を自由に導くことができないものである。

【発明が解決しようとする問題点】

前記のように従来のレーザ反射鏡は、中心波長 λ_0 のみの単一波長のレーザ光に対して高反射率

に、99.996%もの高い反射率が得られることが、上記レーザハンドブックに述べられている。但し、98%以上の高い反射率を有する波長領域は、第6図に示す反射スペクトルのように、 $\lambda_0 - \Delta \lambda \leq \lambda \leq \lambda_0 + \Delta \lambda$ ($\Delta \lambda \approx 0.1 \times \lambda_0$) に限られる。従つて、この第1のミラーでは、可視域にある出力の微弱なガイド用レーザ(例えば He-Ne、 $\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$)と、波長の差が $\Delta \lambda = 0.1 \lambda$ 以上ある波長の高出力レーザ(例えば、YAGレーザ: $1.06 \mu\text{m}$ 、CO₂レーザ: $10.6 \mu\text{m}$ 、エキシマレーザ: $0.193 \sim 0.3 \mu\text{m}$)を同時に反射させることができない。

次に、第2のミラーについて説明する。このミラーにおける膜の構成は、第7図に示されるように、基板5上に銀膜7が形成され、該銀膜7上に誘電体多層膜6Aが設けられている。この多層膜6Aは、中心波長 $\lambda_0 = 0.6328 \mu\text{m}$ を対象に、 SiO_2 、 TiO_2 の誘電体薄膜8、9を交互に6~9層成膜したものである。そして、銀膜

- 4 -

を示すが、高反射率を示すレーザ光の波長域が狭く、中心波長 λ_0 から $0.1 \times \lambda_0$ 以上離れた波長に対しては高反射率が得られないものや、高出力レーザに対しては損傷が生じてしまうものに限られていた。従つて、従来は、可視域ガイド用レーザ(例えば He-Ne レーザ: $\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$)及び波長差 $\Delta \lambda = 0.1 \lambda$ 以上離れた高出力レーザ(例えば紫外域、赤外域)を同時にあるいは同様に反射させるレーザ反射鏡が存在しないという問題点があつた。

【発明の目的】

本発明は、前記従来の問題点を解消するべくなされたものであつて、可視域にある波長 λ_0 の微弱なガイド用レーザとその波長 λ_0 から 0.1λ 以上離れた波長を含め少なくとも1つの高出力レーザを同時にあるいは同様に高反射率で反射することができる高出力多波長レーザ反射鏡を提供することを目的とする。

【問題点を解決するための手段】

本発明は、高出力多波長レーザ反射鏡において、

- 5 -

- 6 -

基板上に金属膜層が設けられていると共に、該金属膜層上に、誘電体膜が複数枚積層されて形成された誘電体多層膜が少なくとも1組設けられており、前記誘電体多層膜の層数を少なくとも13層積層したことにより、前記目的を達成したものである。

【作用】

以下、本発明の原理を説明する。

本発明に係る高出力多波長レーザ反射鏡は、波長 λ の可視域ガイド用レーザと共に、そのガイド用レーザと波長差 $\Delta\lambda$ が0.1 λ 以上ある高出力レーザを同時にあるいは同様に反射させ、高出力レーザを容易に照射物まで深く目的に使用するためのものである。以下に、前記レーザ反射鏡の作製に必要不可欠な要件を要約して説明する。

まず、第1図に示す構成の反射鏡において、高出力レーザに対し、それらの波長($\lambda_1, \dots, \lambda_n$)に対し高反射率の中心波長 λ_0 として持つ、1組の誘電体多層膜6(1)~6(n)を基板5上に成膜する。基板5への成膜の順序は特にこだ

— 7 —

長のものの場合、第2図に示されるように、基板5の上面に金属膜10を介して1つの誘電体多層膜6を形成し、この多層膜の層数を、高出力レーザの強度に応じて少なくとも13層以上の範囲内で決定する。

本発明は、上記の構成のレーザ反射鏡により、高出力レーザと、可視域ガイド用レーザを同時にあるいは同様に、1つのレーザ反射鏡で反射することを実現したものである。そして、高出力レーザの反射鏡と可視域ガイド用レーザの反射面は、高々数μm程度しか離れていないため、高出力レーザのガイドを可視域レーザを用いて精度良く行うことが可能となる。

即ち、このレーザ反射鏡により、次の(i)~(iii)の効果が得られる。

(i) 1つ以上の波長 λ の高出力レーザを、反射鏡に損傷を生じさせること無く反射することができる。

(ii) 高出力レーザと中心波長 λ_0 より波長差 $\Delta\lambda = 0.1\lambda$ 以上ずれた波長の可視域ガイド用微弱

わらないが、高出力レーザに対する損傷閾値を上げるためにには、次の規則に従う方が望ましい。即ち、($\lambda_1, \dots, \lambda_n$)のn個の波長に対応して誘電体多層膜の組のうち、吸収率の一番大きい組(λ_m)を、まず成膜する。次いで、残った組($\lambda_1, \dots, \lambda_n$; λ_m は除く)のうちで一番吸収率の大きな組を成膜する。この操作を繰返してn個の波長のレーザ光に対応する複数組積層された誘電体多層膜を形成する。

そして、可視域ガイド用微弱レーザの反射のために、誘電体多層膜6と基板5の間に金属膜10を成膜する。これは、損傷の生ずるレーザ強度を上げるためにには、誘電体多層膜から漏れてくる一番大きな強度のレーザ光に対して、吸収率の低い金属膜10を用いることが望ましいためである。例えば、YAGレーザ($1.06\mu\text{m}$)に対しては、銀膜を成膜するのが好適である。

以上のような構成において、高出力レーザの強度に応じて誘電体多層膜の層数を調整して損傷閾値を増大させる。なお、高出力レーザが1つの波

— 8 —

レーザを反射することができる。

(iii) レーザ反射鏡を任意の反射角で使用しても高出力レーザと可視域ガイド用微弱レーザの反射光の間隔を数μm程度に抑え、高出力レーザのガイドを精度良く行うことができる。

次に、上記効果が得られるレーザ反射鏡を得るに至るまでの過程を説明する。

まず、発明者等は第5図に示される構成の従来のレーザ反射鏡、即ち、先に述べた第1のミラーにより、上記(i)~(iii)の効果が得られる反射鏡の作製を試みた。

この場合、高出力レーザとしてYAGレーザ($\lambda = 1.06\mu\text{m}$ 、パルス幅300sec、最大強度 $3 \times 10^3 \text{ W/cm}^2$)、可視域ガイド用レーザとしてHe-Neレーザ($\lambda_0 = 0.6328\mu\text{m}$)を考慮した。この場合、BK-7光学ガラス基板を $\lambda/10$ ($\lambda = 0.6328\mu\text{m}$)に光学研磨し、SiO₂とTiO₂を交互に、それぞれの膜厚dが $nd = \lambda/4$ (: $\lambda = 1.06\mu\text{m}$)となるように、25層成膜し誘電体多層膜を製作し

— 9 —

た。この誘電体多層膜は、YAGレーザを反射できるがHe-Neレーザは反射できないため、基板の多層膜蒸着面と反対の面に金属膜として、アルミニウムを蒸着した。

しかしながら、上記の構成のレーザ反射鏡では、前記(i)、(ii)の効果は得られるが、YAGレーザとHe-Neレーザの反射光の間隔が4.5°となるレーザ反射鏡として用いる場合に、基板の屈折効果により10回近くずれてしまい前記(iii)の効果を得ることができなかつた。

次いで、第7図の構成で、即ち、先に述べた第2のミラーにより(i)～(iii)の効果が得られる反射鏡の制作を試みた。この場合、上記と同一の高出力レーザと、可視域ガイド用レーザを用いた。

しかしながら、この反射鏡は、上記(ii)～(iii)の効果は満せたが上記(i)の効果を得ることができず、約 $2 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$ の低い強度で損傷が生じた。発明者等は損傷の生ずる原因が、高出力レーザの約2%程度が誘電体多層膜を透過し、こ

の通過光が銀膜7に吸収され、該銀膜7の熱が融点を越えるために生じたものであることを見出した。

次いで、本発明に係るレーザ反射鏡では、上記(i)～(iii)の効果を同時に得るため第1図に示されるような構成とし、 $8 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$ 以上の強度を持つ高出力レーザの強度に応じて誘電体多層膜の層数を調整し、損傷閾値を増大させた。第3図に、このようにして構成されたレーザ反射鏡に $8 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$ の強度を有する高出力YAGレーザを入射した場合において、入射を100回したうち無傷であつた回数について調べた結果を示す。なお、図の横軸は前記誘電体多層膜の層数である。

図の結果から、誘電体多層膜の層数が少なくとも13層必要であることが明らかとなつた。

従つて、誘電体多層膜の層数を13層以上の範囲でレーザ強度に応じて調整することにより、前記多層膜を透過するレーザ光の強度を低く抑えて前記効果(i)～(iii)を得ることができる。

— 11 —

【実施例】

以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

まず、第1の実施例について説明する。この実施例は、前出第1図に示した構成のレーザ反射鏡において、基板5の上に金属膜10を備えると共に、誘電体多層膜6を設けたものである。

この第1実施例においては、例えばエキシマレーザ($0.249 \mu\text{m}$)とYAGレーザの両者の高出力レーザに対し高い反射率を示し、He-Neレーザ($0.6328 \mu\text{m}$)に対しても高い反射率を示すレーザ反射鏡を製作した。この場合、基板5に、 $\lambda/10$ ($\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$)に光学研磨したBK-7光学ガラスを用い、その基板5上の金属膜10として銀膜を約1μm成膜し、次にYAGレーザを高反射する目的のために、誘電体多層膜6として SiO_2 と TiO_2 の膜を交互にそれぞれ15層と14層成膜し、最後に、エキシマレーザを高反射する目的のために、誘電体多層膜6として Al_2O_3 と MgF_2 を交互に、

— 12 —

15層と14層成膜した。

上記構成のレーザ反射鏡は、エキシマレーザ、YAGレーザに対し、99.99%以上、He-Neレーザに対し、98.4%以上の高反射率を達成した。又、エキシマレーザ(2 J/cm^2 、 20 n sec)、YAGレーザ($1.5 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$ 、 20 p sec)の高出力レーザに対し、損傷は何ら発生しなかつた。

次に、第2実施例について説明する。

この第2実施例は、第2図の構成のレーザ反射鏡で、高出力YAGレーザ($1.06 \mu\text{m}$ 、 $1.5 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$ 、 30 p sec)と、可視域ガイド用レーザとしてHe-Neレーザ($0.6328 \mu\text{m}$ 、 10 mW)の両者に対し、高い反射率を有するように製作したものである。基板5として、 $\lambda/10$ ($\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$)に光学研磨したBK-7光学ガラス基板を用いた。そして、基板5上に金属膜10として銀膜を成膜し、更に、誘電体多層膜6として、 SiO_2 と TiO_2 の膜を交互にそれぞれ15層と14層重ねて成膜した。

— 13 —

— 14 —

上記構成の反射鏡に、上記レーザを入射したところ、YAGレーザに対しては損傷なく99.9%以上、He-Neレーザに対しては98.4%以上の反射率を達成した。

次に、第3実施例として、第2図の構成で、高出力レーザとしてのYAGレーザ($1.06\mu\text{m}$ 、 $7.5 \times 10^3 \text{ W}/\text{cm}^2$ 、 20 n sec)と可視域ガイド用レーザとしてのHe-Neレーザ($0.6328\mu\text{m}$ 、 10 mW)の両者に対し、高い反射率を有するレーザ反射鏡を製作した。この場合、基板5として、 $\lambda/10$ ($\lambda=0.6328\mu\text{m}$)に光学研磨したBK-7光学ガラス基板を用いた。金属膜10については銀膜を蒸着して形成した。更に誘電体多層膜6として、 SiO_2 と TiO_2 の膜を交互にそれぞれ15層と14層成膜した。

上記構成のレーザ反射鏡に、上記レーザを入射したところYAGレーザに対しては損傷なく99.99%以上、He-Neレーザに対しては98.4%以上の反射率を達成した。

- 15 -

率を達成した。

なお、本発明と比較するため、比較例として第7図の構成で高出力YAGレーザ($1.06\mu\text{m}$ 、 $1.5 \times 10^3 \text{ W}/\text{cm}^2$ 、 30 n sec)と可視域ガイド用レーザとしてのHe-Neレーザ($0.6328\mu\text{m}$ 、 10 mW)の両者に対し、高い反射率を有するレーザ反射鏡の製作を試みた。基板5として、 $\lambda/10$ ($\lambda=0.6328\mu\text{m}$)に光学研磨したBK-7光学ガラス基板を用いた。この基板5の上に銀膜7を蒸着した。この銀膜7上に、誘電体薄膜8の SiO_2 膜と誘電体薄膜9の TiO_2 膜をそれぞれ交互に5層と4層成膜して誘電体多層膜を形成した。

このレーザ反射鏡に上記レーザを入射したところ、YAGレーザに対し、損傷が生じて強度を落し、測定試験を行つたところ $2.7 \times 10^6 \text{ W}/\text{cm}^2$ 程度の値で損傷が生じることが明らかとなつた。これに対し、上述の如く、本発明に係る各実施例はこのような損傷が起こらず、従つて、本発明の有用性及び効果が確認できる。

次に、第4実施例として第1図の構成で、高出力YAGレーザ($1.06\mu\text{m}$ 、 $7.5 \times 10^3 \text{ W}/\text{cm}^2$ 、 20 n sec)と高出力エキシマレーザ($0.249\mu\text{m}$ 、 $1 \times 10^8 \text{ W}/\text{cm}^2$ 、 20 n sec)、それに可視域ガイド用レーザとして、He-Neレーザ($0.6328\mu\text{m}$ 、 10 mW)の各種レーザに対し、高い反射率を有するレーザ反射鏡を製作した。この場合、基板5として、 $\lambda/10$ ($\lambda=0.6328\mu\text{m}$)に光学研磨したBK-7光学ガラス基板を用いた。金属膜10として銀膜を用い、YAGレーザ用に SiO_2 と TiO_2 の膜を、交互にそれぞれ15層と14層成膜した。更に、第2の誘電体多層膜6(2)として、エキシマレーザ用に Al_2O_3 と MgF_2 の膜を交互にそれぞれ12層と11層成膜して多層膜を形成した。

上記構成のレーザ反射鏡に上記レーザを入射したところ、YAGレーザ、エキシマレーザに対しては損傷なく、どちらも99.99%以上、He-Neレーザに対しては98.4%以上の反射

- 16 -

なお、前記実施例においては、第1図及び第2図に示されるような構成であり、且つ、前記第1実施例乃至第4実施例に示した構成のレーザ反射鏡を例示したが、本発明が実施されるレーザ反射鏡の構成及び組成は図及びこれら実施例に示されるものに限定されず、他の構成及び組成のレーザ反射鏡に本発明を実施することができる。

【発明の効果】

以上説明した通り、本発明によれば、高出力レーザと可視域にある波長入の微弱なガイド用レーザと $\lambda/10$ 以上離れた波長を持つ少なくとも1つの高出力レーザを同時にあるいは同様に1つのレーザ反射鏡で反射することが可能となる。従つて、高出力レーザのガイドを精度良く可視域レーザで行うことができる。よつて、可視域以外、又は、大強度レーザ光を反射することの他に、He-Neレーザ等の可視域ガイド用レーザを反射することが可能となり、高出力レーザ光を被照射物にまでこのガイド用レーザで導くことが若しく簡単になる。このため、高出力レーザの操作・作

- 17 -

- 18 -

素性が向上し、作業時間の短縮に繋り、更に、高出力レーザの用途が広がる等の優れた効果が得られる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係るレーザ反射鏡の第1の構成例を示す縦断面図、第2図は同じく、前記レーザ反射鏡の他の構成例を示す縦断面図、第3図は前記レーザ反射鏡の誘電体多層膜の層数に対する無傷の回数の例を示す線図、第4図は従来の反射鏡における高出力レーザと可視域ガイド用レーザの光路の例を示す断面図、第5図は従来のレーザ反射鏡の構成例を示す縦断面図、第6図は従来の誘電体多層膜を備えたレーザ反射鏡の波長領域に対する反射スペクトルの例を示す線図、第7図は従来のレーザ反射鏡の他の構成例を示す縦断面図である。

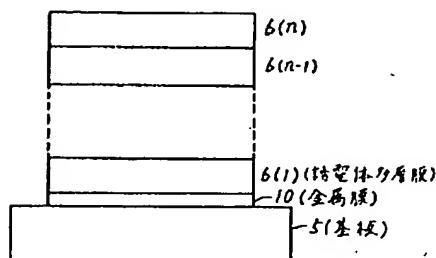
- 1 … レーザ反射鏡、
- 2 … 高出力レーザ光、
- 3 … 可視域ガイド用レーザ、

— 19 —

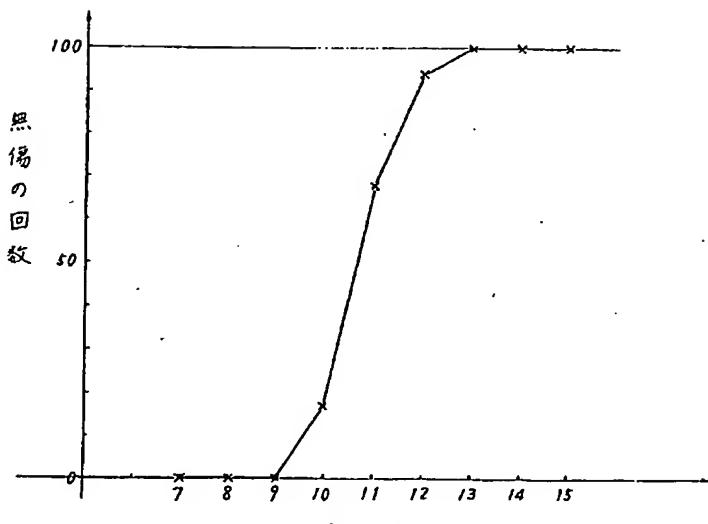
代理人 高矢 諭
松山 佑

- 4 … 高出力レーザ放射部、
- 5 … 基板、
- 6 (1) ~ 6 (n) … 誘電体多層膜、
- 7 … 銀膜、
- 8 … SiO₂膜、
- 9 … TiO₂膜、
- 10 … 金属膜、

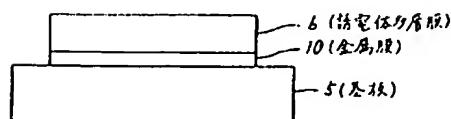
第1図



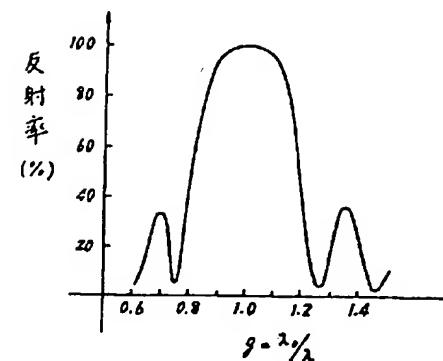
第3図



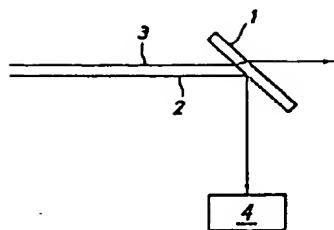
第2図



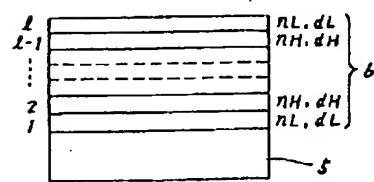
第 6 図



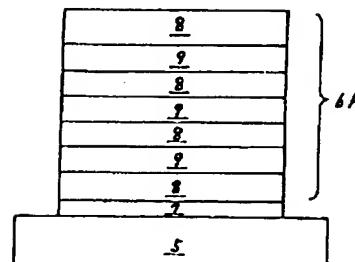
第 4 図



第 5 図



第 7 図



第1頁の続き

◎発明者 三友

享

千葉県千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内